Aus der Universitäts-Kinderklinik Breslau.
Direktor: Prof. Dr. Stolte.

Die Vitalkapazität und Atmung, insbesondere die Dyspnoe, als Maß der körperlichen Leistungsfähigkeit

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
in der Medizin
bei der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Breslau

vorgelegt von
Helmut Kaempf
aus Breslau

1939

Druckerei wissenschaftlicher Werke Konrad Triltsch, Würzburg-Aumühle

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Breslau.

Berichterstatter: Prof. Dr. Stolte.

Dekan: Prof. Dr. Gutzeit.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen Eltern.

In neuester Zeit ist der Ruf des Praktikers nach einer einfachen standardisierten Funktionsprüfung des Herzens immer dringender geworden. Dieser Wunsch besitzt um so größere Berechtigung, als heute die Aufgaben des Arztes eine wesenliche Erweiterung erfahren haben. Während früher die Arbeit des Arztes vor allem dem kranken Menschen galt, gilt sie heute auch der Krankheitsvorbeugung und Gesunderhaltung des gesamten Volkes. Es sei hier nur an die Bedeutung der Reihenuntersuchungen und Gesundheitsappelle der Hitlerjugend, an die ärztliche Betreuung der Betriebe erinnert, Aufgaben, denen als Ziel die Erziehung und Erhaltung maximaler Leistungsfähigkeit jedes einzelnen gesetzt ist. Wenn aber der Arzt dieses Ziel erreichen soll, so muß er über eine Prüfungsmethode verfügen, die ihm erlaubt, jederzeit rasch und zuverlässig den augenblicklichen Leistungsgrad anzugeben. Gerade der funktionellen Beurteilung muß eine große Bedeutung zugemessen werden, einem Gedanken, der sich gegenüber der rein anatomischen, organpathologischen in der Wissenschaft immer mehr Geltung verschafft hat. „Eine Leistungsprüfung kann aber nur dann einen gewissen Grad von Gültigkeit beanspruchen, wenn sie uns die Beziehungen zwischen körperlicher Leistung und möglichst vielen Kreislauffaktoren vermittelt. (Hochrein[28]).“ Mit Recht weist Hochrein darauf hin, daß unsere heute vorhandenen Kreislauffunktionsprüfungen meist nicht möglichst viele, sondern nur Teilfunktionen des Kreislaufs, wie Blutdruck, Pulszahl, Blutumlaufzeit, Diurese, Alkalireserve, Sauerstoffkredit usw. zur Beurteilung der Leistung heranziehen, „ohne damit einen tieferen Einblick zu gewinnen, ob die von uns festgestellten Abweichungen von der Norm Schäden oder Kompensationen vorstellen.“ Im Kreislauf, dem Herzen und der Atmung sehen wir ein Ganzes oder — wie Straub[75] es nennt — „eine Arbeitsgemeinschaft, in der das Herz eine wichtige, aber keine überragende Stellung einnimmt.“ Andererseits sind Untersuchungsmethoden, die den Forderungen Hochreins entsprechen, dem Arzt wegen ihrer langen Dauer und Kompliziertheit in der Praxis selten möglich und müssen daher den Kliniken und wissenschaftlichen Instituten überlassen bleiben. Eine auch für den Praktiker geeignete zuverlässige Funktionsprüfung des Herzens fehlt also bis heute noch.

In der Erkenntnis, wie notwendig die Lösung dieser Frage auch für die Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit der Jugend ist, führte die Breslauer Universitäts-Kinderklinik auf Anregung von Herrn Prof. Dr. Stolte Untersuchungen des Kreislaufs- und Atmungsapparates an gesunden Kindern und Jugendlichen durch. Dabei wurden verschiedene Methoden angewandt, um deren Eignung als Funktionsprüfung feststellen und mit ihrer Hilfe ein zuverlässiges Urteil über die Leistung nicht nur des Herzens, sondern auch des Kreislaufs und der Atmung gewinnen zu können.

Hier sei über die Ergebnisse der spirometrischen Untersuchungen berichtet: Die Vitalkapazität, die Atmung, deren Größe durch Atemminutenvolumen, Atemtiefe und Frequenz charakterisiert ist, sowie die Dyspnoe.

Ausgehend von zahlreichen Mitteilungen der Literatur, daß diese Werte unter dem Einfluß von Alter, Körpergröße, Körpergewicht, Brustumfang und Konstitution stehen und stark variieren (Hutchinson[32], Rainoff[55], Rohrer[59] u. a.), fand diese Tatsache bei unseren Versuchen weitgehend Berücksichtigung; darüber hinaus wurde die Frage nach einer gesetzmäßigen Beziehung zu diesen Faktoren untersucht. Um ein möglichst vollständiges Bild über die Leistungsfähigkeit zu bekommen, hielten wir es für erforderlich, diese nicht nur im Ruhezustand zu prüfen, obwohl man u. U. bereits hier einen pathologischen Befund erheben kann, z. B. die Ruhedyspnoe bei dekompensierten Herzkranken und gewissen Formen von Nephritis (Porges[52], Straub[75]), sondern auch nach einer Belastungsprobe, da erst diese den notwendigen Einblick zu geben vermag. In der Literatur sind Untersuchungen über das Verhalten der Atmung unter Anwendung von Belastungsproben beschrieben worden, die auf künstlicher Behinderung des Lungengaswechsels beruhen (Herbst[25], Liljestrand[42]), auf die hier aber nicht eingegangen werden soll. Doch erscheint es zur einwandfreien Beurteilung spirometrischer Zahlen als Maß der körperlichen Leistungsfähigkeit notwendig, die unterschiedlichen Veränderungen der Vitalkapazität und der Atmung sowie ihre Ursachen zu kennen, die durch die wichtigste physiologische Belastung des Organismus, die körperliche Arbeit, oder aber durch Zustände krankhafter Natur bedingt sein können.

Versuche von Herxheimer und Kost[26] zeigen, daß die Leistungsfähigkeit des Körpers bei schwerer Muskelarbeit in dem Augenblick sinkt, wo der für den Organismus eben noch tragbare Säuerungsgrad des Blutes überschritten wird und dadurch eine übermäßig starke Reizung des Atemzentrums bedingt. Bemerkenswert ist,

daß bei Trainierten die Leistungsfähigkeit später als bei Untrainierten sinkt. Herxheimer und Kost nehmen an, daß bei den Trainierten die Empfindlichkeit des Atemzentrums während der Arbeit herabgesetzt ist. Zaeper[86] dagegen bezieht diese größere Leistungsfähigkeit bei maximaler körperlicher Beanspruchung auf eine verminderte Anhäufung saurer Stoffwechselprodukte, vor allem Milchsäure, im Blut, die sich durch Training erzielen läßt. Unter dem Einfluß des Trainings erfolgt eine Volumenzunahme der Muskeln, eine Öffnung von Kapillaren, die während der Ruhe verengt und z. T. geschlossen sind, ferner eine Neubildung von Kapillaren, die insgesamt eine bessere Ausnutzung der Atemluft und des Sauerstoffs im Blut ermöglichen. Hinzu kommt eine günstige Auswirkung auf die Atemmuskulatur und Thoraxgröße, besonders in den Wachstumsjahren, wie z. B. eine oft beträchtliche Zunahme der Vitalkapazität beweist (Hoernikke[30], Hasselbalch[23]). Diese wird naturgemäß bei den Personen gesteigert, die vorher wenig oder keinen Sport getrieben haben (Herzum[27], Schmidt[65]) und erreicht im Laufe des Trainings häufig 5—6% des Ausgangswertes (White und Mc. Guire[82]). Im Gegensatz dazu findet man bei geübten Sportlern von vornherein hohe Vitalkapazitätswerte, die selten während des Trainings noch zunehmen (Herxheimer[26], Worringen[84]). Die während und kurz nach schwerer Muskelarbeit (z. B. Langstreckenlauf) von Bohr[12], Hasselbalch[23], Hug[31], Liebermeister[40], Liljestrand[42], Loewy[44] u. a. beobachtete Abnahme der Vitalkapazität (V.K.) führt Rohrer[59] auf Ermüdung und vielleicht auch auf die gleichzeitig auftretende Anstrengungsdyspnoe zurück. Aus der Größe der Abnahme und der Zeit bis zur Rückkehr zum Ruhewerte lassen sich nach Wacholder[80] gewisse Schlüsse auf den Grad der körperlichen Leistungsfähigkeit ziehen, auf die später näher eingegangen werden soll. Die körperliche Arbeit als Belastungsprobe führt also stets zu einer Änderung im Verhalten des Kreislauf- und Atmungsapparates, die einerseits in der Abnahme der V.K., andererseits in der gesteigerten Atmung, der Dyspnoe, zum Ausdruck kommt.

Von Bedeutung sind aber für uns auch Zustände, bei denen wir die Dyspnoe nicht als physiologische Folgeerscheinung einer Anstrengung werten dürfen, sondern wo wir die Ursache in einer Funktionsstörung im Organismus suchen müssen, die auf pathologischer Grundlage durch sehr verschiedene Faktoren hervorgerufen wird und als Belastung wirkt.

Nicht selten ist die Dyspnoe durch eine mechanische Hemmung der Atmung bedingt, wie z. B. bei Stenosen des Kehlkopfs bei Diphtherie

(Liebermeister[41]), ferner bei Prozessen, welche die Ausdehnungsfähigkeit der Lungen einengen, z. B. Tumoren, Bronchialasthma (Anthony[2,3], Domarus[16], Reinhard[58], Stähelin und Schütze[73] u. a.). Auch die Dyspnoe bei Herzinsuffizienz ist auf den pathologischen Zustand der Lungen zurückzuführen (Siebeck[69], Reinhard[58]). v. Basch[6] sieht hier die Ursache in einer Lungenstarre, die durch die Stauung im kleinen Kreislauf entsteht. Zu den gleichen Erscheinungen kommt es nach Verschluß von Lungengefäßen und anderen Belastungen des kleinen Kreislaufs (Anthony[2], Binger und Moore[10]). Stets beobachtet man auch bei der behinderten Atmung eine Abnahme der V.K. und eine gesteigerte Ventilation, teils durch erhöhte Frequenz, teils durch vergrößerte Atemtiefe, die bei weiterer Belastung des Respirations- und Kreislaufapparates, z. B. durch Muskelarbeit, Treppensteigen, noch verstärkt werden (Barr und Peters[5], Bohr[12], Engelhard[17], Bittorf und Forschbach[11], Rubow[62], Siebeck[68], Thiel[78] u. a.). Der wesentliche Unterschied im Verhalten der Atmung besteht darin, daß bei Gesunden normalerweise diese Symptome gewisse Zeit nach Beendigung der Arbeit verschwinden, sodaß wir wieder die Ruhewerte vorfinden.

Zahlreiche Autoren nehmen an, daß die Dyspnoe durch mangelhafte Zufuhr von Sauerstoff zustandekommt, die den Gasaustausch im Organismus und zugleich den Ablauf der Atmung verändert (Fridericia und Olsen[19], Straub[76]). So beruht die kardiale Dyspnoe nach Rubow[62], Porges, Leimdörfer und Ludowici[53] auf diesem Sauerstoffmangel. Die gesteigerte Ventilation wird immer von einer verminderten CO_2-Spannung der Alveolarluft der Lungen begleitet, die man auch bei zyanotischen Herzkranken, bei Urämie (Straub und Schlayer[77]), ferner bei Coma diabeticum und Diabetikern mit Azidose beobachtet hat. Da sich bei Sauerstoffmangel saure intermediäre Stoffwechselprodukte im Blut anhäufen, halten viele Untersucher diese für die Ursache der Dyspnoe, welche als Folge der Reizeinwirkung dieser Stoffe auf das Atemzentrum eintritt. Bei starker Muskelarbeit, wo diese Stoffe — wie bereits erwähnt — im Körper in größeren Mengen gebildet werden und zu einer Anstrengungsdyspnoe führen, dürfte diese Erklärung als sicher gelten (Herxheimer[26]). Hinzu kommt der Einfluß der angesammelten Kohlensäure.

Von manchen Gesunden und Kranken wird die Steigerung der Ventilation in der Ruhe gar nicht als solche empfunden, sondern erst bei Anstrengungen, wenn die Atmung noch stärker beschleunigt ist und dadurch Beschwerden verursacht. Goldscheider[20] nimmt an, daß hier eine starke Erregung des Atemzentrums zu einer tonischen Kontraktur der Atemmuskeln und zwar der Inspirations- und Exspirationsmuskeln führt, die dann als Dyspnoe empfunden wird.

Häufig reagiert das Atemzentrum — und vielleicht reagieren auch

andere Rindenbezirke des Großhirns — auf psychische Vorgänge mit einer raschen vertieften oder verflachten Atmung. Dieser Zustand kann durch das Gefühl der Erwartung, gespannte Aufmerksamkeit, Angst und Erregung, ebenso durch geistige Arbeit, aber auch durch optische und akustische Eindrücke hervorgerufen werden (Bayer[7], v. Wyß[85], Knipping[34], Anthony[3] u. a.). Nicht selten handelt es sich dabei um nervöse oder hysterische Individuen (Wintrich[83]), die solchen Sensationen leicht zugänglich sind. Abgesehen von dieser übermäßigen Sensibilität ist auch durch den Willen der Versuchsperson eine starke Beeinflussung der Atmung möglich. Bei einem anormalen Untersuchungsergebnis wird man daher auch an einen Täuschungsversuch denken müssen, der aber einerseits mittels der verschiedenen klinischen Methoden, andererseits durch mehrmalige Wiederholung der Versuche aufgedeckt werden kann.

Als nun bei einigen unserer Versuchspersonen eine erhöhte, dyspnoische Atmung schon während der Ruhe auffiel, lag der Gedanke nahe, dem Ursprung nachzugehen. Möglicherweise erwies sich die Dyspnoe als geeignete Funktionsprüfung, mit deren Hilfe es gelingt, die völlige Leistungsfähigkeit des Organismus oder das Vorhandensein einer Insuffizienz, die sich ja unter der Dyspnoe verbergen kann, festzustellen.

Untersuchungsmaterial und -methoden.

Für meine Untersuchungen standen 59 gesunde Kinder und Jugendliche im Alter von 10 bis 16 Jahren zur Verfügung, ferner 28 Kinder im Alter von 10 bis 14 Jahren, die vor 1 bis 3 Jahren eine Infektionskrankheit (Diphtherie, Scharlach, Masern oder Keuchhusten) durchgemacht hatten. In der vorliegenden Arbeit sind diese Kinder kurz als „Infektionskinder" bezeichnet. Beide Gruppen wurden gesondert untersucht, um in den spirometrischen Werten etwa vorhandene Abweichungen feststellen zu können.

Zur Ermittelung der Vitalkapazität, des Atemminutenvolumens, der Atemtiefe und Frequenz benutzte ich ein 6 Ltr. fassendes Spirometer vom Hutchinson' schen Typ. Da — wie oben erwähnt — die Atmung durch psychische Vorgänge stark beeinflußt werden kann und damit zu fehlerhaften Ergebnissen führt, durfte sich zur Vermeidung jeder Unruhe und Ablenkung stets nur eine Versuchsperson im Raum aufhalten, die so gesetzt wurde, daß sie die Apparate während der Versuche nicht beobachten konnte. Da ferner die Messung

der V.K. in hohem Grade von einer einwandfreien Ausführung abhängt, (Anthony[3], Bach[4]), wurde die Übung mehrere Male wiederholt und dann der höchste der gefundenen Werte vermerkt. Nach jeder Übung wurde die Luft im Spirometer erneuert und der Anfangsstand der Glocke wiederhergestellt.

Das Minutenvolumen, d. h. die innerhalb einer Minute geatmete Luftmenge, erhielt ich durch Ausmessung der während dieser Zeiteinheit auf einem rotierenden Kymographion registrierten Zahl der Atmungen (Frequenz), sowie der bei jedem Atemzug verbrauchten Luft (Atemtiefe). Die Versuchsperson atmete hier durch ein Zuntz'sches Gummimundstück — nach kurzer Gewöhnung an diese Technik — die Luft in das Spirometer bei geschlossener Nase ein und aus. Es folgte die Bestimmung der spirometrischen Werte unmittelbar nach einer Belastungsprobe, die in einer Arbeitsleistung von 30 Kniebeugen in einer Minute (gleichmäßig tiefes Heben und Senken) bestand und an 51 der gesunden Kinder sowie sämtlichen 28 Infektionskindern vorgenommen wurde. Die Ermittelung der Rückkehr zu den Ausgangswerten erfolgte 3 Minuten nach beendeter Arbeit. Dieser Zeitpunkt erschien mir besonders geeignet, da die Erholung in den ersten 3 Minuten nach Arbeitsbeendigung schneller als zu späteren Zeitpunkten verläuft (Simonson[71]). Auch zeigen die bereits oben erwähnten Beobachtungen von Wacholder[80], daß der Ruhewert — wenigstens bei der V.K. — nach 2—3 Minuten normalerweise wieder erreicht wird.

Die Körpermaße, deren Beziehungen zu den spirometrischen Werten in den folgenden Ausführungen besprochen werden sollen, wurden nach den üblichen Meßmethoden bestimmt. Zum Vergleich der spirometrischen Werte mit den individuell verschiedenen Körpermaßen, der sonst kaum einwandfrei durchgeführt werden kann, hat sich die Anwendung von Proportionsformeln (Indices) als zweckmäßig erwiesen (Rohrwasser[60]). So benutzte ich zum Vergleich der Vitalkapazitätswerte den Spirometerindex von Lorenz[45] (Lorenz'sche Zahl), der das Verhältnis der V.K. zur Körpergröße angibt. In neuester Zeit hat Herzum[27] umfangreiche Untersuchungen an Jugendlichen darüber angestellt, die von mir zur Beurteilung der Vitalkapazitätsgröße durch Vergleich mit meinen Zahlen herangezogen wurden. Dazu benutzte ich ferner die Untersuchungen Schlesingers[64], Stewardt's und Sheets[74] über die V.K. an Kindern, die allerdings geringere Werte als die von Herzum zeigen. Ferner berechnete ich den proportionalen Brustumfang nach Brugsch[13], der das Verhältnis zwischen Brustumfang und Körpergröße angibt

$$\left(\frac{\text{Brustumfang}}{\text{Körpergröße}} \cdot 100\right).$$

Um Fehlerquellen weitgehend auszuschalten, erfolgte eine Einteilung des Untersuchungsmaterials in Altersstufen. Außerdem fand die nach Kohlrausch[36] im Zusammenhang mit der Leistung stehende Körperbauform (Konstitution) durch Unterscheidung von schlank-asthenischen, muskulären und adipösen Individuen Berücksichtigung. Unsere Ergebnisse wurden in Tabellen zusammengefaßt, die der vorliegenden Arbeit als Anhang beigefügt sind.

Untersuchungsergebnisse.

Untersuchen wir zunächst die Einflüsse, die bei der Beurteilung spirometrischer Werte berücksichtigt werden müssen, so finden wir als erstes eine enge Beziehung zwischen Alter und Vitalkapazität. Zu den gleichen Ergebnissen kamen zahlreiche Autoren älterer und neuerer Zeit wie Hutchinson[32], Arnold[1], Schnepf[66], Pagliani[48], Kotelmann[37], Wintrich[83], Herzum[27], Hochrein[28], Worringen[84] u. a. Diese Abhängigkeit äußert sich bei unseren gesunden Versuchspersonen in einer ständigen Zunahme der Werte, die vom 10.—13. Lebensjahr zuerst langsam und ungleichmäßig, zu Beginn der Pubertät aber plötzlich ansteigen, um dann während dieser Periode gleichmäßig um 200ccm jährlich zuzunehmen (Tabelle 1). Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten auch Schlesinger[64] sowie Stewardt und Sheets[74], die bei Jugendlichen im Pubertätsalter eine jährliche Zunahme von 200—220ccm feststellten. Dagegen findet sich bei unseren 10—14 jährigen Infektionskindern eine ganz ungleichmäßige und langsame Steigerung der V.K. mit wesentlich geringeren Werten als bei den gesunden Kindern.

Überprüfen wir den Einfluß des Alters auf Atemminutenvolumen, Atemtiefe und Frequenz, so zeigt sich bei den gesunden und den Infektionskindern für das Minutenvolumen und die Atemtiefe keine Gesetzmäßigkeit i. S. einer konstanten jährlichen Zunahme oder Abnahme der Werte. Dagegen beobachtet man bei den gesunden Kindern ein Sinken der Frequenz mit zunehmendem Alter, das zwar nicht völlig gleichmäßig erfolgt, aber doch eine Beziehung der Frequenz zum Alter erkennen läßt.

Dies entspricht den Angaben, die in der Literatur darüber vorliegen. So fand Recklinghausen[57] bei Neugeborenen 60—70, Vierodt[79] ca. 40 Atemzüge in der Minute, Rosenthal[61] bei 5jährigen 26, bei 15—20jährigen 20, bei 25—30jährigen 16 Atemzüge je Minute. Ähnliche Beobachtungen machte Quetelet[54]. Bei Erwachsenen gibt Vierodt[79] einen Mittelwert von 16—18 Atemzügen an, Hutchinson[32] von 16—24 Atemzügen.

Demnach können wir bei Erwachsenen einen Durchschnittswert von 16—20 Atemzügen annehmen, und auch bei den gesunden Jugendlichen im Alter von 10—15 Jahren dürften — von einer größeren individuellen Streuungsbreite während der Wachstumsjahre abgesehen — keine wesentlichen Abweichungen von den bei Erwachsenen beobachteten Ergebnissen vorliegen. Während bei unseren gesunden Versuchspersonen die Frequenz mit zunehmendem Alter deutlich ansteigt, finden wir bei den Infektionskindern eine regellose Anordnung der Werte, auch hier geringer als bei den Erstgenannten.

Außer dem Alter sind auch Körperhöhe, Körpergewicht und Brustumfang für die Größe der spirometrischen Werte von Bedeutung. Das Verhalten des Minutenvolumens, der Atemtiefe und Frequenz gegenüber diesen drei Faktoren ist m. W. in der Literatur nicht beschrieben. Dagegen liegen über das Verhalten der V.K. eine große Anzahl von Untersuchungen vor.

Vierodt[79] und Hutchinson[32], die als erste die Beziehungen der Vitalkapazität zur Körpergröße untersuchten, wiesen nach, daß die Vitalkapazität mit steigender Körpergröße zunimmt.

Diese Ergebnisse wurden u. a. von Arnold[1], Simon[70], Rainoff[55], Schlesinger[64], Hawlett und Jackson[24], Cripps, Greenwood und Newbold[14], neuerdings auch von Herzum[27] und Hochrein[28] bestätigt.

Auf Grund meiner Untersuchungen komme ich zu der gleichen Ansicht: Die V.K. wächst bei den gesunden Kindern und den Infektionskindern in einer Gruppeneinteilung von 5 zu 5 cm Körpergröße sowie mit steigendem Lebensalter (Tabelle 2). Noch deutlicher wird dies, wenn man nur die Körpergröße mit den spirometrischen Durchschnittswerten — ohne Berücksichtigung der Altersstufen — vergleicht (Tabelle 3).

Der Lorenz'sche Spirometerindex, der das Verhältnis der V.K. zur Körpergröße angibt, bestätigt die Beobachtungen, die wir auch bei der Untersuchung der Beziehung zum Alter gemacht hatten. Es zeigt sich nämlich auch hier wieder der Einfluß des Alters sowie des Wachstums zunächst in einem langsamen und dann — besonders während der Pubertätszeit — in einem raschen Anstieg der

Lorenz'schen Zahl von 14,8 bei den 10jährigen bis zu 23,3 bei den 16jährigen Jugendlichen.

Herzum[27] errechnete bei den 10jährigen Sporttreibenden 14,7, und den nicht Sporttreibenden 14,1, bei den 16jährigen der ersten Gruppe 24,2 und der zweiten Gruppe 20,5.

Was das Verhalten der Atemfrequenz anbetrifft, so fand v. Körösy[35] eine gewisse Neigung zur Abnahme bei wachsender Größe, die auch nach meinem Beobachtungsmaterial unverkennbar ist. Sie trifft auch in demselben Maße bei steigendem Körpergewicht, aber nicht bei zunehmendem Brustumfang zu. Hinsichtlich des Atemminutenvolumens und der Atemtiefe konnte ich dagegen keine positiven Beziehungen feststellen.

Wesentlich anders verhält es sich mit der V.K., deren konstante Zunahme bei wachsendem Gewicht und Alter den Nachweis für die Abhängigkeit auch vom Körpergewicht erbringt (Tabelle 4—5). Auch Hawlett und Jackson[24] gelangten zu der gleichen Auffassung, während Worringen[84] und Arnold[1] sie für bedeutungslos ansieht.

Diese Unstimmigkeit fällt besonders bei den Ergebnissen auf, die über das Verhältnis der spirometrischen Werte zum Brustumfang — ebenso zur Brustspielbreite — bekannt sind. Daß gerade diese Frage Gegenstand zahlreicher Forschungen wurde, liegt nahe, da man gewisse Beziehungen zwischen Brustumfang, Brustspielbreite und Vitalkapazität vorhanden glaubte und z. T. wohl hoffte, mit Hilfe dieser Maße auf die Bestimmung der Vitalkapazität ganz verzichten zu können.

In der Tat haben eine Reihe von Autoren eine enge Beziehung zwischen Brustumfang und V. K. gefunden (Arnold[1], Binet[9], Cripps, Greenwood und Newbold[14], Lundsgaard und van Slyke[46], Wintrich[83], Jung[33], Schenk[63], Simon[70] u. a.). So fand Arnold eine Zunahme der V. K. bei Erwachsenen um 150 ccm für je 2,5 cm Brustumfang, Rainoff[55] um 88 ccm und Binet sah, daß die V. K. bei 10jährigen Kindern um 30 ccm, bei 11—13jährigen um 32,5 ccm, bei 14jährigen um 35 ccm für je 2,5 cm Brustumfang anstieg.

Ich konnte bei meinen Untersuchungen an den 10—14 jährigen gesunden Kindern eine Zunahme der V.K. von 1,90 auf 3,08 Ltr. bei einer Zunahme des Brustumfangs von 61—80 cm beobachten, an den 15—16 jährigen auf 3,82 Ltr. bei 81—90 cm Brustumfang und an den 10—14 jährigen Infektionskindern eine Zunahme der V.K. von 1,91 Ltr. auf nur 2,69 Ltr. bei einem Brustumfang von 61—80 cm (Tabelle 6). Komme ich also zu einer Bestätigung der Ansicht oben-

genannter Autoren, so wird von Hutchinson diese Beziehung bestritten. Auch Schlesinger fand nur geringe Übereinstimmungen. Anthony[3], ebenso Culler[15] lehnen den von anderer Seite hervorgehobenen Wert des Brustumfangs und der Brustspielbreite für die Beurteilung der Vitalkapazität ab, indem sie auf die stark widersprechenden Ergebnisse hinweisen, und auf die mangelnde Berücksichtigung der individuellen Verschiedenheit von Thoraxumfang und -form.

Wichtig erscheint vor allem Anthonys Hinweis auf die individuelle Verschiedenheit des Brustumfangs, die einen einwandfreien Rückschluß auf die V.K. nicht zuläßt. Nun wird aber eine Beurteilung der V.K. durchaus möglich, wenn man eine Einteilung in Gruppen gleichen Brustumfangs und gleicher Altersstufen vornimmt oder wenn man nach Brugsch[13] den proportionalen Brustumfang, d. h. die Berechnung des Brustumfangs in Prozenten der Körpergröße, heranzieht, zwei Faktoren, die den Körperbau, die Konstitution, hinreichend kennzeichnen.

So beobachtete Brugsch[13] bei schmalbrüstigen Versuchspersonen einen proportionalen Brustumfang unter 50, bei Mittelformen zwischen 50 und 55 und bei breitbrüstigen über 55. Seberowskaja[67] stellte darüber umfangreiche Untersuchungen bei Kindern an, desgleichen Schlesinger[64], der zu dem Ergebnis kam, daß der proportionale Brustumfang bei Schlanken zwischen 43—45 liegt, bei den Mittelformen zwischen 45 und 48 und den breitbrüstigen zwischen 48—51.

Unter Anwendung dieser Proportionsformel fand ich bei den schlanken, gesunden Kindern sowie den Infektionskindern einen proportionalen Brustumfang zwischen 42—48,5, bei den muskulären zwischen 48,5—53 und den adipösen über 53.

Bei einem Vergleich dieser Zahlen ließen sich nur positive Beziehungen zwischen proportionalem Brustumfang und Vitalkapazität nachweisen; denn bei den Indexwerten, welche die schlanken und adipösen Körperbautypen charakterisieren, liegt die V.K. niedriger als bei denen des muskulären Typs (Tabelle 7). Danach scheint die Anwendung des proportionalen Brustumfangs zuverlässige Anhaltspunkte für die zu erwartende Größe der Vitalkapazität einer Versuchsperson zu geben.

Die Tatsache, daß die Konstitution einen wesentlichen Einfluß auf den Gasstoffwechsel ausübt, ist wiederholt betont und entsprechend bei allen Untersuchungen dieser Art in Rechnung gestellt worden (Rohrer[59], West[81], Anthony[3], Rainoff[55], Hochrein[28] u. a.).

Überprüfen wir daher das Verhalten der Atmung bei den drei

obengenannten Konstitutionsgruppen und wenden uns zunächst der Vitalkapazität zu, so haben nach Tabelle 8 die Schlanken — mit Ausnahme der 14—15 jährigen gesunden Jugendlichen — einen geringeren Mittelwert als die Muskulösen, während die Adipösen z. T. einen größeren Mittelwert als die beiden anderen Gruppen aufweisen. Im ganzen gesehen weichen diese Ergebnisse jedoch kaum von den Befunden ab, die wir bei Anwendung des proportionalen Brustumfangs erhoben hatten.

Sind nun auch Unterschiede in der Atemform der schlanken, muskulären und adipösen Versuchspersonen zu erwarten? Bei den schlanken, gesunden Konstitutionstypen von 10—12 und 16 Jahren finden wir (Tabelle 8) einen geringeren Luftverbrauch in der Minute als bei den gleichaltrigen muskulären, der bei den 10—12 jährigen durch eine niedrigere, bei den 16 jährigen dagegen durch eine größere Atemtiefe sowie durch eine geringere Frequenz erreicht wird. Im Gegensatz dazu liegt bei den 13—15 jährigen schlanken Versuchspersonen die Frequenz höher, ebenso die Atemtiefe bei den 13 u. 15 jährigen, während sie bei den 14 jährigen niedriger ist. Der Luftverbrauch ist hier größer als bei den Muskulären im gleichen Alter. Demnach scheint also die Art der Atmung bei den gesunden schlanken und muskulären Kindern und Jugendlichen einmal der Konstitution nach und außerdem auch dem Alter nach verschieden zu sein und in einem umgekehrten Verhältnis zueinander zu stehen; denn die obengenannten Ergebnisse besagen, daß die 10—12 jährigen schlanken Versuchspersonen im Vergleich zu den muskulären langsam und flach atmen und entsprechend weniger Luft verbrauchen, während sich die gleichaltrigen muskulären gerade umgekehrt verhalten. Dann tritt eine Änderung der Atemformen bei den 13—15 jährigen ein, indem die schlanken schneller und tiefer atmen und dadurch ein größeres Minutenvolumen erreichen, während die Muskulären im gleichen Alter nunmehr eine langsamere und flachere Atmung und daher ein geringeres Minutenvolumen als die gleichaltrigen schlanken Versuchspersonen aufweisen. Die gesunden schlanken Jugendlichen im Alter von 16 Jahren atmen dagegen langsam und tief, entsprechend der größeren Atemtiefe und die muskulären schneller und flacher.

Die gesunden adipösen Versuchspersonen zeigen ein anderes Verhalten: die 10 jährigen haben eine niedrigere Atemtiefe, aber eine höhere Frequenz als die beiden erstgenannten Konstitutionstypen und ein Minutenvolumen, das zwischen den Werten der Schlanken und Muskulären liegt. Es handelt sich hier um eine beschleunigte, aber flache Atmung. Dagegen ist sie bei den 11- und 14 jährigen Adipösen

langsam und tief; denn die Atemtiefe ist vergrößert, die Frequenz aber verringert, demnach das Minutenvolumen bei den 11 jährigen erhöht, bei den 14 jährigen — der sehr niedrigen Frequenz entsprechend — vermindert, doch in normalen Grenzen liegend. Es ist anzunehmen, daß dieser Wechsel der Atemformen im Laufe der Jahre sowohl bei den schlanken als auch bei den muskulären und adipösen Jugendlichen mit der körperlichen Entwicklung in engem Zusammenhang steht. Ferner geht aus den Ergebnissen hervor, daß der Einfluß der individuellen Verschiedenheit der Atmung eine gesetzmäßige, ständig gleichbleibende Atemform für jeden Konstitutionstyp unmöglich macht. Denn auch der Atemablauf der Infektionskinder zeigt ein ungleichmäßiges Bild. Zwar ist auch hier die Atemtiefe und das Minutenvolumen der 10—11 jährigen schlanken Kinder — ebenso wie bei den gesunden — niedriger als bei den muskulären, die Atemfrequenz aber liegt hier höher. Daher ist die Atmung der schlanken Infektionskinder im Gegensatz zu den gesunden Kindern schnell und flach, der muskulären aber langsam und tief. Bei den schlanken 12 jährigen Infektionskindern ist die Atemtiefe, die Frequenz und das Minutenvolumen erhöht, die Atmung demnach schnell und tief; bei den muskulären dagegen sind die spirometrischen Werte geringer, die Atmung ist also langsam und flach. Um auch das Verhalten der Atmung bei den 13- und 14 jährigen prüfen zu können, fehlen uns die Vergleichsmöglichkeiten.

Unser Zahlenmaterial über das Atemminutenvolumen zeigt eine große Streuungsbreite, nämlich zwischen 4,64 Ltr. und 22,81 Ltr. in der Ruhe. Nach Mitteilungen in der Literatur (Landois und Rosemann[39], Rohrer[59], Vierodt[79], Smith[72], Hochrein[28], Beer[8] u. a.) liegen diese Werte in der Regel zwischen 4—12 Ltr., meist aber zwischen 6—8 Ltr. Nehmen wir daher als oberste Grenze der Norm ein Minutenvolumen von 12 Ltr. an, so finden wir unter unseren 59 gesunden Versuchspersonen 21 (35,6%) und unter den 28 Infektionskindern 6 (21,4%) mit einem Minutenvolumen, das die Grenze z. T. erheblich überschreitet (bis 22,81 Ltr. in der Ruhe). Während bei den übrigen der Befund normal ist, liegt hier eine Überventilation — Dyspnoe — vor. Diese Überventilation, die bei körperlicher Arbeit physiologischer Weise auftritt, beruht auf der Steigerung der Atemtiefe oder der Frequenz, oft aber beider zugleich. Dieselbe Beobachtung trifft auch bei der hier schon in der Ruhe bestehenden Dyspnoe unserer Versuchspersonen zu. So kommt hier das zu große Minutenvolumen bei 11 gesunden Kindern und 2 Infektionskindern durch eine stark vergrößerte Atemtiefe (900—

1500 ccm) zustande, und bei 8 gesunden Kindern sowie 4 Infektionskindern durch eine erhöhte Frequenz (21—28 pro Minute), dagegen bei 2 gesunden Kindern durch eine gleichsinnige Steigerung beider Faktoren.

Wenn wir anschließend auf die zahlenmäßige Größe der Ruhe-V.K. unserer Versuchspersonen näher eingehen, so seien zunächst die Ergebnisse von Herzum[27], Schlesinger[64], Stewardt und Sheets[74] mitgeteilt, die von uns zum Vergleich und damit zur Beurteilung unserer Werte herangezogen wurden.

Herzum fand bei seinen Sport und keinen Sport (. . .) treibenden Schülern folgende V. K.-Werte: für 10jährige 2,5 Ltr. (1,96 Ltr.), für 11jährige 2,29 Ltr. (2,04 Ltr.), für 12jährige 2,53 Ltr. (2,13 Ltr.), für 13jährige 2,92 Ltr. (2,43 Ltr.), für 14jährige 3,47 Ltr. (2,78 Ltr.), für 15jährige 3,98 Ltr. (3,21 Ltr.), für 16jährige 4,10 Ltr. (3,25 Ltr.). Die von Schlesinger ermittelten Zahlen liegen niedriger und ähneln denen der 2. Gruppe von Herzum. Es handelt sich dabei um Untersuchungen an 13—14jährigen Volksschülern, die eine durchschnittliche V. K. von 2,33 Ltr. haben, und um 14—15jährige Mittelschüler mit einer Durchschnitts-V. K. von 2,92 Ltr. Es würde zu weit führen, auch das umfangreiche Material von Stewardt und Sheets hier wiederzugeben. Es mag der Hinweis genügen, daß die Ergebnisse dieser Autoren mit denen von Herzum und Schlesinger fast übereinstimmen.

Ziehen wir nun einen Vergleich zwischen obengenannten und unseren Zahlen, so können wir feststellen, daß von 59 gesunden Kindern und Jugendlichen 7 Versuchspersonen (11,9%) eine niedrige V.K. haben. Davon sind 6 Astheniker und 1 Adipöser. Die Astheniker erreichen nicht das Sollgewicht und die Sollgröße, die sie altersmäßig nach v. Pirquet[51] haben müßten. Die adipöse Versuchsperson weist ein weit über dem Durchschnitt liegendes Körpergewicht sowie eine abnorm geringe Brustspielbreite von 3 cm auf. Dieses Ergebnis bestätigt die mehrfach beschriebene Beobachtung, daß Astheniker und Adipöse eine geringere V.K. als in der Norm haben. Bei den Infektionskindern finden wir einen erheblich höheren Prozentsatz von Versuchspersonen mit niedriger V.K., nämlich 8 (28,6%) von 28. Auch hier handelt es sich vorwiegend um Astheniker, ferner um 2 Muskuläre. Anscheinend ist hier nicht nur die Konstitution von Einfluß auf die geringe Größe der V.K., sondern auch die vor 2—3 Jahren überstandene Infektionskrankheit (Diphtherie).

Die geringe Vitalkapazität wird häufig als Zeichen einer Schwäche des Respirations- oder des Kreislaufsystems oder auch beider Systeme gewertet. Um sich darüber Klarheit zu verschaffen, ist die Anwendung einer Belastungsprobe notwendig.

Welche Veränderungen erfahren nun Vitalkapazität und Atmung nach der Belastungsprobe? Unter der Einwirkung von körperlichen

Anstrengungen, durch Arbeit oder andere Belastungsproben des Respirations- und Kreislaufapparates, treten bei der vorher im Ruhezustand beobachteten V.K. und Atmung deutliche Veränderungen auf. Wie groß diese sind, hängt naturgemäß von der Stärke und Dauer der Arbeit ab — hier 30 gleichmäßig tiefe Kniebeugen in einer Minute —, ebenso aber auch von der Konstitution der betreffenden Versuchsperson, der zweifellos eine bedeutende Rolle zugemessen werden muß.

Wie unsere Versuche zeigen, reagiert die V.K. unmittelbar nach Beendigung der Probe mit einer deutlichen Verminderung. Sowohl bei sämtlichen 51 gesunden Kindern als auch den 26 Infektionskindern (92,9%) findet sich diese Abnahme der V.K., während sie bei den übrigen 2 Infektionskindern (7,1%) unverändert bleibt, was aber nach Hochrein[28] u. a. als normal anzusehen ist.

Nach dem Verhalten der Vitalkapazität unterscheidet Wacholder[80] folgende drei Gruppen, die auch für unsere Untersuchungen maßgebend waren:
I. Wenn die Vitalkapazität sofort nach der Belastungsprobe — bei Wacholder nach einem 150—200-m-Lauf — um 250 ccm oder weniger sinkt und 2—3 Minuten später die Ruhevitalkapazität wieder erreicht wird, dann liegt eine gute Leistungsfähigkeit des Respirations- und Kreislaufapparates vor.
II. Beträgt die Verringerung der Vitalkapazität direkt nach dem Versuch 250—500ccm und ist der Ruhewert nach 2—3 Minuten ganz oder annähernd wiederhergestellt, so ist auch hier keine Schwäche des Atmungs- und Kreislaufapparates vorhanden. Bei solchen Versuchspersonen konnte Wacholder gute sportliche Leistungen beobachten.
III. Eine Senkung der Vitalkapazität sofort nach der Probe um 500 ccm und mehr sowie eine stark verzögerte Erholungsdauer von 5—15 Minuten und darüber beweist dagegen eine verminderte Leistungsfähigkeit. Häufig wird sie von einer Kreislaufstörung begleitet, die sich nach einer Belastung, z. B. Treppensteigen, Kniebeugen, durch unreine Herztöne, verzögertes Sinken der Pulsfrequenz zum Ruhewert, Arythmie des Pulses u. a. zu erkennen gibt. Als Ursache für dieses Verhalten ist nach Wacholder eine Hyperlabilität des Kreislaufs gegenüber starker Beanspruchung anzunehmen, in der auch die verlangsamte Erholungsfähigkeit nach jeder Anstrengung begründet liegt.

Bei einer, den Feststellungen Wacholders entsprechenden Überprüfung meines Untersuchungsmaterials komme ich zu folgendem Ergebnis: 37 von 51 gesunden Kindern (72,5%) gehören der Gruppe I an, ebenso 18 von 28 Infektionskindern (64,3%). Zur Gruppe II sind 11 gesunde Kinder (21,6%) sowie 8 Infektionskinder (28,6%) zu rechnen, während nur 3 gesunde Kinder zur Gruppe III gehören. Vergleichen wir die prozentuale Verteilung der gesunden und Infektionskinder auf die Gruppen I—III, so ist eine annähernde Übereinstimmung beider Versuchsreihen ersichtlich. Bemerkenswert

ist weiterhin die konstitutionelle Verteilung auf die einzelnen Gruppen. So zeigt es sich, daß alle Körperbautypen zahlenmäßig am stärksten in der Gruppe I vertreten sind, wobei vor allem die muskulären und adipösen gesunden Kinder und Infektionskinder vorherrschen, während in der Gruppe II die Astheniker und umgekehrt in der Gruppe III die Muskulären das Übergewicht halten, an Zahl aber ständig abnehmen.

Wenn wir nun das Verhalten der Vitalkapazität in der Ruhe und nach der Belastungsprobe beurteilen, dann können wir nach dem vorliegenden Ergebnis und unter Bezugnahme auf die Wacholder'schen Beobachtungen eine verminderte Leistungsfähigkeit des Atmungsapparates — auch der drei Versuchspersonen der Gruppe III sowie derjenigen mit niedriger Vitalkapazität — ausschließen, da stets der Ruhewert nach beendeter Belastungsprobe annähernd erreicht wird, in einem Falle sogar den — bei den drei Versuchspersonen völlig normalen — Ruhewert um 50 ccm übersteigt. Ebenso liegen keine Anhaltspunkte für eine Kreislaufschwäche vor, da auch die klinischen Untersuchungsmethoden (Messung des Pulses, Blutdrucks, Auskultation und Größe des Herzens, EKG) keine darauf hindeutenden Befunde ergeben. Bevor wir aber zu einem endgültigen Urteil darüber kommen, müssen wir vorerst das Verhalten der A t m u n g nach dieser Belastungsprobe kennen. Wir wissen aus zahlreichen früheren Untersuchungen, daß die Lungenventilation, also Minutenvolumen, Atemtiefe und Frequenz, unter der Wirkung der Arbeit physiologischerweise eine Steigerung erfährt, die oft recht beträchtliche Werte erreichen kann. Nach Aufhören der Belastung geht dann die Atmung allmählich wieder zurück, erreicht aber selten bereits nach 2—3 Minuten ihren Ausgangswert, sondern meist erst nach mehreren Stunden. Wie aus unseren Untersuchungen hervorgeht, ist auch hier ohne Ausnahme die Atmung nach der Belastungsprobe erhöht. Die Zunahme des Minutenvolumens ist hauptsächlich durch eine in vielen Fällen bis zur Hälfte der Ruhe-V.K. und mehr vergrößerte Atemtiefe bedingt. Gleichzeitig ist die Frequenz gesteigert — jedoch meist nicht übermäßig — oder verringert. Abgesehen von der Steigerung des Minutenvolumens durch eine vergrößerte Atemtiefe wird diese bei einigen Versuchspersonen allein durch eine Frequenzvermehrung erreicht, wobei die Atemtiefe abnimmt. Damit ist bewiesen, daß die Vergrößerung des Minutenvolumens bei einer Belastung sowohl durch Zunahme der Atemtiefe als auch durch Vermehrung der Frequenz erfolgen kann.

Zu der gleichen Ansicht kamen auch Hansen[22], Martius[47], Krogh und Lindhard[38]. Es handelt sich nach Thiel[78] hierbei um eine Vermehrung der effektiven Atmung. Eine Steigerung der Atemtiefe fanden Barr und Peters[5], Reach und Roeder[56], Gottstein[21], während Beer[8], Liljestrand und Wollin[43] die Vergrößerung des Minutenvolumens durch Frequenzzunahme nachweisen konnten.

Zu der in der Ruhe bei 27 Versuchspersonen beobachteten Überventilation trat nach der Belastungsprobe eine weitere Steigerung bis zu 31 Ltr. Dabei zeigen Atemtiefe und Frequenz das Verhalten, wie wir es normalerweise immer nach körperlicher Arbeit finden und wir es oben bereits beschrieben haben. Der Konstitution nach handelt es sich dabei um 9 asthenische und 12 muskuläre gesunde Kinder, während die betroffenen 6 Infektionskinder ausnahmslos Astheniker sind. Wie bei den Kindern mit niedriger V.K., unter denen mehrere eine Überventilation infolge zu hoher Frequenz haben, sieht man auch hier selten das Sollgewicht und die Sollgröße.

Das Zustandekommen der Überventilation, die schon in der Ruhe festgestellt werden konnte, ist wohl auf psychische Einflüsse zurückzuführen, denen die Kinder — trotz aller Vorkehrungsmaßnahmen — wegen der längeren Dauer des Versuches leichter als bei der sehr rasch erfolgenden Bestimmung der Vitalkapazität unterliegen.

Zusammenfassung.

Unsere Untersuchungen führten zu folgendem Ergebnis:

1. Die Vitalkapazität stellt eine zuverlässige, auch für den Praktiker geeignete Funktionsprüfung des Atmungs- und Kreislaufapparates dar, gestattet aber die einwandfreie Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit erst nach Ausschaltung aller psychischen Einflüsse und nach Anwendung einer Belastungsprobe (30 Kniebeugen), wobei vor allem die Zeit der Rückkehr zum Ausgangswert zu beachten ist.
2. Zur genauen Beurteilung der Vitalkapazität muß ferner berücksichtigt werden:
   a) Die enge Beziehung zwischen Alter, Körpergröße, Körpergewicht, Brustumfang und Vitalkapazität, die bei Zunahme der genannten Größen ansteigt.
   b) Die Abhängigkeit der Vitalkapazität von der Konstitution, wobei Astheniker einen geringeren, Muskuläre einen höheren Mittelwert, Adipöse dagegen ein wechselndes Verhalten aufweisen.

c) Der proportionale Brustumfang nach Brugsch, dessen Berechnung zuverlässige Anhaltspunkte über die zu erwartende Größe der Vitalkapazität gibt.

d) Überstandene Infektionskrankheiten, die einen ungünstigen Einfluß auf Vitalkapazität und Atmung der Jugendlichen auszuüben scheinen.

3. Die Atmung, insbesondere die Dyspnoe, sind keine zuverlässigen Prüfungsmethoden, da sie zu sehr von psychischen Momenten abhängen und individuell stark variieren.
4. Atemtiefe und Frequenz zeigen weder in der Ruhe noch nach Belastung eine gesetzmäßige Beziehung zu den Körperbautypen.

Es sei mir gestattet, Herrn Prof. Dr. Stolte für die Überlassung dieses Themas und die stete Förderung desselben sowie ihm und dem damaligen Direktor des Physiol. Institutes der Universität Breslau, Herrn Prof. Dr. Wagner für das liebenswürdige Entgegenkommen, die für meine Untersuchungen erforderlichen Apparate zur Verfügung zu stellen, meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Schrifttum.

[1] Arnold, Fr. Über die Atmungsgröße des Menschen. Heidelberg. J. C. B. Mohr. 1855.
[2] Anthony, A. J. Dtsch. Arch. klin. Med. 1930, 167, 129.
[3] Ders. Funktionsprüfung der Atmung. Leipzig. J. A. Barth. 1937.
[4] Bach, Fr. Leitfaden zu anthropometrischen Sporttypenuntersuchungen und deren statistische Auswertung. München. Otto Gmelin. 1930.
[5] Barr und Peters. Americ. J. physiol. 1920, 54, 345.
[6] v. Basch. Klin. u. exper. Studien I—III. Berlin. 1891—1896.
[7] Bayer, G. Handb. d. norm. u. pathol. Physiol. II, 255. Berlin. Springer. 1931.
[8] Beer, P. Dtsch. Arch. klin. Med. 1929. 165, 311.
[9] Binet. Ber. üb. ges. Physiol. u. exper. Pharmakol. 17, 490.
[10] Binger und Moore. J. of exper. Med. 45.
[11] Bittorf und Forschbach. Z. klin. Med. 1910, 70.
[12] Bohr, Chr. Dtsch. Arch. klin. Med. 1907, 88, 385 u. 410.
[13] Brugsch, Th. Z. exper. Pathol. u. Ther. 1917, 19, 1.
[14] Cripps, Greenwood u. Newbold. Biometric, 14. Teil. 3—4. 1923 S. 116—336. zit. n. Rainoff.
[15] Culler, R. M. Mil. Surgeon. 1920, 46, 646.
[16] Domarus, A. v. Grundriß der inn. Med. Berlin. J. Springer. 1936. 10. Aufl. S. 218 ff.
[17] Engelhard, A. Dtsch. Arch. klin. Med. 1927, 156/157, 1.
[18] Ders. ebenda 165, 311. 1929.
[19] Fridericia, B. V. und Olsen, O. Dtsch. Arch. klin. Med. 1912, 107, 237.
[20] Goldscheider, G. Med. Klin. 1932, I, 105—109.
[21] Gottstein, W. Mschr. Kinderheilk. 1926, 34.
[22] Hansen, E. Handb. d. norm. u. pathol. Physiol. 1931, XV, 2, 685.
[23] Hasselbalch, K. A. Dtsch. Arch. klin. Med. 1908, 93, 64.
[24] Hawlett, A. W. und Jackson, N. R. Arch. int. Med. 1922, 29, 515—526.
[25] Herbst, R. Dtsch. Arch. klin. Med. 1928, 162, 129 u. 257.
[26] Herxheimer, H. Handb. d. norm. u. pathol. Physiol. 1931. XV, 1, 724. — Ders. u. Kost. Z. klin. Med. 1928, 108.
[27] Herzum, A. D. M. W. 1937, I, 11.
[28] Hochrein, M. Med. Welt. 1935, I, 152.
[29] Ders. ebenda 1937, II, 1595.
[30] Hoernicke. M. M. W. 1924, II, 1569.
[31] Hug. Schweiz. Med. Wschr. 1928, 58, 453.
[32] Hutchinson. Von der Kapazität der Lungen. Braunschweig. F. Viehweg u. Sohn. 1849.
[33] Jung, R. Z. Konstit. 1926, 12, 436.
[34] Knipping, A. W. Beitr. Klin. Tbk. 1936, 88, 503. — Ders. Klin. Wschr. 1935, 406.
[35] Körösy, K. v. Dtsch. Arch. klin. Med. 1911, 101.

[36] Kohlrausch, W. Z. Konstit. 1924, 10, 434. — Ders. Med. Welt. 1934, I, 909. — Ders. und Mallwitz. Z. Konstit. 1924, 10. 444.
[37] Kotelmann. Z. d. kgl. preuß. Statist. Büros 1877.
[38] Krogh, A. und Lindhard, J. Journ. of Physiol. 1913, 47, 112. — Dies. ebenda, 1917, 51, 182.
[39] Landois und Rosemann. Lehrb. d. Physiol. 1935, 173 ff.
[40] Liebermeister, G. D. M. W. 1922, II, 1547.
[41] Ders. ebenda 1908, II, 1669.
[42] Liljestrand, Skand. Arch. Physiol. 1918, 35.
[43] Ders. und Wollin. Ebenda, 1913, 30, 199.
[44] Loewy. Die sportärztlichen Ergebnisse der zweiten olymp. Winterspiele in St. Moritz. Bern. 1928.
[45] Lorenz, F. H. Klin. Wschr. 1929, 40, 1864.
[46] Lundsgaard, Chr. und van Slyke. Journ. exper. Med. 1918, 27, 373.
[47] Martius, G. Beitr. psychol. u. philos. I, 411. 1906.
[48] Pagliani. Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Tiere. 12. Bd. 1881, S. 913. zit. nach Vierodt.
[49] Preabody. Arch. int. Med. 1915, 16.
[50] Ders. und Wendworth, ebenda. 1920, 20.
[51] v. Pirquet. Tafel zur Bestimmung von Wachstum und Ernährungszustand bei Kindern. Berlin. Springer.
[52] Porges. Wien. klin. Wschr. 1910, 40.
[53] Ders., Leimdörfer u. Ludowici. Z. klin. Med. 1911, 73, 389. zit. n. Siebeck.
[54] Quetelet. in Übersetzung von V. A. Riecke. Über den Menschen und die Entwicklung seiner Fähigkeiten. 1838, S. 394.
[55] Rainoff, H. R. Z. Konstit. 1928, 13, 531.
[56] Reach u. Roeder. Biochem. Z. 1909, 22, 471. zit. n. Hansen.
[57] Recklinghausen, v. Pflügers Arch. f. ges. Physiol. 1896, 62, 451.
[58] Reinhardt, R. Dtsch. Arch. klin. Med. 1913, 111, 465.
[59] Rohrer. Handb. d. norm. u. pathol. Physiol. 1925, II.
[60] Rohrwasser, G. Z. Konstit. 1935, 19, 484.
[61] Rosenthal. Hermans Handb. f. Physiol. 1882, Bd. 4, II, 268.
[62] Rubow. Dtsch. Arch. klin. Med. 1908, 92.
[63] Schenk, P. Sitzungsber. d. Ges. z. Erf. d. ges. Naturw. Marburg 1925. zit. n. Rainoff.
[64] Schlesinger, E. Z. Kinderheilk. 1927, 43, 232. — Ders. Arch. Kinderheilk. 1927, 82, 39. — Ders. ebenda 1931, 92, 193. — Ders. Klin. Wschr. 1925, 4, 319.
[65] Schmidt. Unser Körper. 1927, Leipzig. 7. Aufl.
[66] Schnepf. Gazette médicinale de Paris. 1857. Nr. 21, 25, 39. zit. n. Vierodt.
[67] Seberowskaja, M. Z. Konstit. 1929, 14, 411.
[68] Siebeck, R. Dtsch. Arch. klin. Med. 1910, 100, 204.
[69] Ders. ebenda. 1912, 107, 253.
[70] Simon, G. Über die Menge der ausgeatmeten Luft bei verschiedenen Menschen. Gießen. 1848. zit. n. Rainoff.
[71] Simonson, E. Arb. Physiol. 1929, 1, 87.
[72] Smith, E. Lancet 1857, I, 840. zit. nach Vierodt. — Ders. Proceedings of the Royal Soc. of. London. 1859, IX, 613. zit. n. Vierodt. — Ders. Philosophical Transactions of Royal Soc. of L. for the year 1859. Part. II. p. 709. zit. n. Vierodt.
[73] Stähelin, R. u. Schütze, A. Z. klin. Med. 1912, 75, 15.
[74] Stewardt, Ch. A. und Sheets, O. B. Americ. J. dis. children 1922, 24, 83. — Ders. ebenda, 1922, 24, 451.

[75] Straub, H. D. M. W. 1938, I, 626.
[76] Ders. Dtsch. Arch. klin. Med. 121.
[77] Ders. u. Schlayer. M. M. W. 1912, 11.
[78] Thiel, K. Dtsch. Arch. klin. Med. 1930, 167, 208.
[79] Vierodt, H. Anatom., physiol. u. physik. Daten u. Tabellen. Jena. 1906.
[80] Wacholder, K. Klin. Wschr. 1928, 7, 295.
[81] West, H. F. Arch. int. Med. 1920, 25, 306.
[82] White u. Mc. Guire. ebenda. Nov. 1927.
[83] Wintrich. Virchows Handb. d. spez. Pathol. u. Ther. 1854, 5. Bd. 1. Abt. S. 87 u. 203. zit. n. Vierodt.
[84] Worringen. Z. f. ges. physik. Ther. 1926, 31, 132.
[85] Wyß, W. H. v. Handb. d. norm. u. pathol. Physiol. XVI./2, 1281.
[86] Zaeper, G. Med. Welt. 1937, I, 13. — Ders. ebenda. 1938, I, 396.

Tabelle 1

Alter	Anzahl der Fälle	Höhe	Vital. kap.	Lorenz' sche Zahl	Min. Vol.	Atem-tiefe	Frequenz
10	14	136,3	2,03	14,8	10,02	556,4	19,5
11	9	135,9	2,05	15,0	9,37	466,3	20,3
12	6	145,8	2,43	16,6	12,40	673,4	19,6
13	7	149,0	2,52	16,9	11,25	570,1	20,2
14	4	164,2	3,50	21,3	12,26	683,1	18,2
15	9	164,1	3,70	22,5	13,64	962,3	14,8
16	10	167,2	3,90	23,3	11,77	853,1	15,3
	59						
Infektionskinder							
10	10	138,0	2,07	14,9	9,41	546,1	18,1
11	5	135,8	1,80	13,2	7,89	521,1	17,6
12	9	145,3	2,21	15,1	11,03	536,9	21,8
13	2	148,5	2,18	14,6	10,28	634,8	16,5
14	2	152,0	2,23	14,6	14,73	545,7	27,0
	28						

Tabelle 2.

Körperhöhe und Vitalkapazität.

Höhe	Alter: 10	11	12	13	14	15	16
125—129	1,53	1,61	—	—	—	—	—
130—134	1,98	2,02	—	—	—	—	—
135—139	2,18	—	2,06	2,28	—	—	—
140—144	1,92	2,54	2,32	1,85	—	—	—
145—149	—	2,22	2,77	2,59	—	—	—
150—154	2,35	—	2,33	2,45	—	—	—
155—159	—	—	—	2,88	2,64	3,22	3,45
160—164	—	—	—	3,45	3,63	3,66	3,50
165—169	—	—	—	—	—	3,83	3,91
170—174	—	—	—	—	3,88	4,12	4,46
175—179	—	—	—	—	—	—	4,27

Höhe	Alter: 10	11	12	13	14	15	16
Infektionskinder							
125—129	—	1,64	—	—	—	—	—
130—134	2,06	1,94	—	—	—	—	—
135—139	2,02	1,67	1,94	—	—	—	—
140—144	2,09	1,88	2,17	2,02	1,78	—	—
145—149	2,20	—	2,16	—	—	—	—
150—154	—	—	—	2,34	—	—	—
155—159	—	—	—	—	—	—	—
160—164	—	—	—	—	2,69	—	—
165—169	—	—	3,01	—	—	—	—
170—174	—	—	—	—	—	—	—
175—179	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 3.

Vitalkapazität und Atmung von 10—16jährigen Jugendlichen in ihrer Beziehung zur Körperhöhe (Durchschnittswerte).

Höhe	Vitalkap.	Min. Vol.	Atemtiefe	Frequenz
125—129	1,57	8,39	357,9	23,5
130—134	2,00	10,25	502,7	21,3
135—139	2,17	12,70	602,1	21,7
140—144	2,16	10,34	541,7	19,5
145—149	2,52	10,63	541,3	19,8
150—154	2,37	14,66	914,5	16,6
155—159	3,05	12,74	956,7	13,7
160—164	3,56	10,18	616,0	18,3
165—169	3,87	13,09	937,1	13,9
170—174	4,15	11,92	606,0	19,5
175—179	4,27	12,34	912,4	13,3
Infektionskinder				
125—129	1,64	6,03	301,5	20,0
130—134	2,00	9,78	704,1	15,8
135—139	1,87	9,97	556,1	18,3
140—144	1,99	10,80	525,9	21,6
145—149	2,18	10,16	579,0	18,6
150—154	2,34	9,95	710,7	14,0
155—159	—	—	—	—
160—164	2,69	15,12	540,0	28,0
165—169	3,01	6,51	325,5	20,0
170—174	—	—	—	—
175—179	—	—	—	—

Tabelle 4.

Körpergewicht und Vitalkapazität.

Gewicht	Alter: 10	11	12	13	14	15	16
21—25	1,53	1,65	—	—	—	—	—
26—30	2,03	1,86	2,06	2,06	—	—	—
31—35	2,12	2,07	—	—	—	—	—
36—40	1,88	—	2,32	2,68	—	—	—
41—45	2,96	—	2,59	2,47	—	—	—
46—50	—	2,27	2,70	2,88	2,64	2,69	3,45
51—55	—	3,13	—	3,45	—	3,54	3,28
56—60	—	—	—	—	3,72	3,83	3,72
61—65	—	—	—	—	—	—	4,18
66—70	—	—	—	—	—	—	4,56
71—75	—	—	—	—	3,95	—	—
Infektionskinder							
21—25	—	—	—	—	—	—	—
26—30	2,05	1,75	1,84	—	—	—	—
31—35	2,06	1,88	2,11	—	—	—	—
36—40	2,18	—	2,27	—	1,78	—	—
41—45	—	—	2,30	2,02	—	—	—
46—50	—	—	—	2,34	2,69	—	—
51—55	—	—	3,01	—	—	—	—
56—60	—	—	—	—	—	—	—
61—65	—	—	—	—	—	—	—
66—70	—	—	—	—	—	—	—
71—75	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 5.

Vitalkapazität und Atmung von 10—16jährigen Jugendlichen in ihrer Beziehung zum Körpergewicht (Durchschnittswerte).

Gewicht	Vitalkap.	Min. Vol.	Atemtiefe	Frequenz
21—25	1,59	8,30	354,5	23,2
26—30	2,00	11,87	596,1	20,6
31—35	2,09	9,14	476,3	19,7
36—40	2,29	9,56	441,8	22,1
41—45	2,67	14,17	754,1	19,5
46—50	2,77	12,64	895,3	14,9
51—55	3,35	13,14	751,3	18,2
56—60	3,76	11,44	659,9	18,8
61—65	4,18	9,21	704,8	14,4
66—70	4,56	18,22	1012,2	18,0
71—75	3,95	10,60	815,3	13,0

Gewicht	Vitalkap.	Min. Vol.	Atemtiefe	Frequenz
Infektionskinder				
21—25	—	—	—	—
26—30	1,88	10,20	528,0	22,8
31—35	2,02	10,62	586,8	19,4
36—40	2,07	10,49	582,8	20,6
41—45	2,16	8,08	433,3	18,5
46—50	2,51	12,53	625,3	21,0
51—55	3,01	6,51	325,5	20,0
56—60	—	—	—	—
61—65	—	—	—	—
66—70	—	—	—	—
71—75	—	—	—	—

Tabelle 6.

Vitalkapazität und Atmung von 10—16jährigen Jugendlichen in ihrer Beziehung zum Brustumfang (Durchschnittswerte).

Brustumf.	Vitalkap.	Min. Vol.	Atemtiefe	Frequenz
61—65	1,90	11,96	622,2	19,6
66—70	2,20	9,89	495,3	20,5
71—75	2,40	10,51	539,5	20,0
76—80	3,08	14,02	889,4	17,1
81—85	3,85	10,08	727,6	14,6
86—90	3,82	10,59	703,1	15,7
Infektionskinder				
61—65	1,91	9,36	394,7	23,6
66—70	1,99	10,87	678,2	17,0
71—75	2,14	10,60	501,5	21,7
76—80	2,69	15,12	540,0	28,0
81—85	—	—	—	—
86—90	—	—	—	—

Tabelle 7.

Vitalkapazität und Atmung von 10—16jährigen Jugendlichen in ihrer Beziehung zum proportionalen Brustumfang (Durchschnittswerte).

Proport. Brustumf.	Vitalkap.	Min. Vol.	Atemtiefe	Frequenz
42,1—44	1,75	7,68	698,1	11,0
44,1—46	3,14	14,92	809,9	18,5
46,1—48	2,94	12,19	693,1	18,5
48,1—50	2,44	13,47	745,1	18,9
50,1—52	3,06	10,72	699,3	17,0

Proport. Brustumf.	Vitalkap.	Min. Vol.	Atemtiefe	Frequenz
52,1—54	3,20	10,54	474,5	22,0
54,1—56	1,58	8,79	366,2	24,0
56,1—58	3,60	13,07	1089,1	12,0
Infektionskinder				
42,1—44	3,01	6,51	325,5	20,0
44,1—46	1,96	9,61	393,1	24,3
46,1—48	2,03	10,26	652,9	16,7
48,1—50	2,17	10,73	589,4	18,8
50,1—52	2,01	10,53	507,0	22,1
52,1—54	—	—	—	—
54,1—56	—	—	—	—
56,1—58	—	—	—	—

Tabelle 8.

Vitalkapazität und Atmung von 10—16jährigen Jugendlichen in ihrer Beziehung zur Konstitution (Durchschnittswerte).

	Vitalkapazität			Minutenvolumen			Atemtiefe			Frequenz		
Alter	schlank	muskulös	adipös	schlank	muskulös	adipös	schlank	muskulös	adipös	schlank	muskulös	adipös
10	1,88	2,26	1,92	8,99	11,32	10,37	548,0	597,9	481,8	18,1	20,4	22,0
11	1,77	2,13	3,13	9,12	9,41	10,50	403,4	520,7	617,6	22,0	18,6	17,0
12	2,28	2,50	—	12,39	12,40	—	627,0	696,6	—	19,5	19,7	—
13	2,06	2,70	—	12,62	10,70	—	578,5	566,7	—	22,5	19,2	—
14	3,81	3,13	3,95	13,65	12,40	10,60	593,4	661,9	815,3	23,0	18,5	13,0
15	3,94	3,63	—	15,48	13,11	—	1012,6	947,9	—	15,5	14,6	—
16	3,70	3,98	—	11,20	12,02	—	890,7	837,0	—	12,3	16,4	—
Infektionskinder												
10	2,06	2,08	—	9,33	9,53	—	526,9	575,1	—	18,1	18,0	—
11	1,80	1,80	—	6,92	9,36	—	333,5	802,5	—	21,3	12,0	—
12	2,20	2,22	—	13,20	8,32	—	646,9	399,4	—	22,0	21,7	—
13	—	2,18	—	—	10,28	—	—	634,8	—	—	16,5	—
14	2,24	—	—	14,73	—	—	545,7	—	—	27,0	—	—

Lebenslauf.

Ich, Helmut Kaempf, wurde am 17. Januar 1914 als Sohn des Landgerichtsdirektors Erich Kaempf und seiner Ehefrau Valy geborenen Schultz in Magdeburg geboren, bin evangelischer Konfession und arischer Abstammung.

Ich besuchte in Oppeln, wohin mein Vater versetzt worden war, die Oberrealschule, dann das Gymnasium, von 1925 ab nach Versetzung meines Vaters das König-Wilhelms-Gymnasium in Breslau, wo ich 1933 die Reifeprüfung bestand. Von April bis September 1933 war ich im Freiwilligen Arbeitsdienst in Pilchowitz O/S.. Im Anschluß daran begann ich im Wintersemester 1933/34 das Medizinstudium an der Universität Breslau, wo ich die fünf vorklinischen Semester verbrachte und am 2. April 1936 die ärztliche Vorprüfung bestand. Im Sommersemester 1936 hörte ich an der Universität Kiel, im Wintersemester 1936/37 an der Universität Breslau, im Sommersemester 1937 an der Universität Freiburg i. Br., im Wintersemester 1937/38 und im Sommersemester 1938 wieder in Breslau. Hier legte ich am 20. Juni 1939 das medizinische Staatsexamen ab. Während des praktischen Jahres war ich vom 15. Juli bis 30. September 1939 in der Universitäts-Hautklinik Breslau tätig, und seit 1. Oktober 1939 bin ich Volontärassistent in der Universitäts-Kinderklinik Breslau. Mit Wirkung vom 1. September 1939 erhielt ich die Bestallung als Arzt.